

DESAIN DAN EVALUASI PERFORMANSI DARI *EMBEDDED FUZZY FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION* METODE *CYCLE-TO-CYCLE CONTROL* UNTUK RESTORASI GERAKAN REPETITIF SENDI LUTUT

Aidatunisadina Linazizah Basith
2213204204

Dosen Pembimbing:
Achmad Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D

Program Magister
Jurusan Teknik Elektro - Bidang Keahlian Elektronika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya



OUTLINE

Pendahuluan

Dasar Teori dan Kajian Pustaka

Metode Penelitian

Pengujian dan Evaluasi Performansi

Kesimpulan dan Saran

PENDAHULUAN



LATAR BELAKANG (1)

DISABILITAS?

LATAR BELAKANG (2)



Stroke

- Hampir 15 juta penderita
- Indonesia: 8 dari 1000 orang mengalami disabilitas (2003)

SCI

- Setiap tahun: 250.000-500.000 orang

LATAR BELAKANG (3)

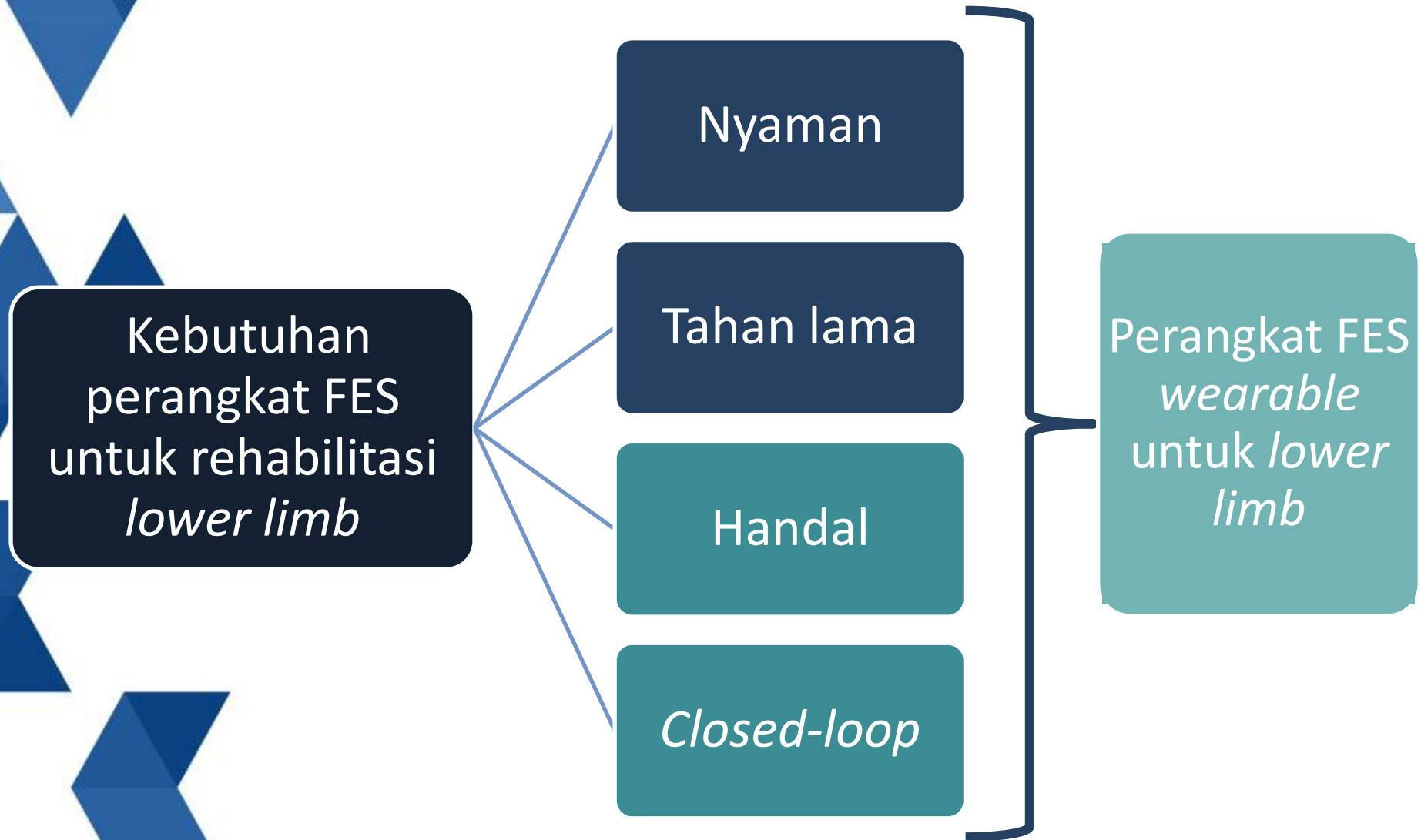


LATAR BELAKANG (4)

FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION (FES)



LATAR BELAKANG (5)



PERUMUSAN MASALAH


1. Bagaimana perancangan dan penerapan kontroler untuk stimulator *Functional Electrical Stimulation* pada *embedded system*.
2. Bagaimana performansi stimulator FES untuk *knee-joint movement* dalam menghasilkan *burst duration* secara otomatis.
3. Bagaimana performansi stimulator FES untuk *knee-joint movement* dalam mengatasi *muscle fatigue*.

TUJUAN PENELITIAN

1. Membuat perancangan dan penerapan kontroler untuk stimulator *Functional Electrical Stimulation* pada *embedded system*.
2. Mengetahui performansi stimulator FES untuk *knee-joint movement* dalam menghasilkan *burst duration* secara otomatis.
3. Mengetahui performansi stimulator FES untuk *knee-joint movement* dalam mengatasi *muscle fatigue*.

MANFAAT PENELITIAN

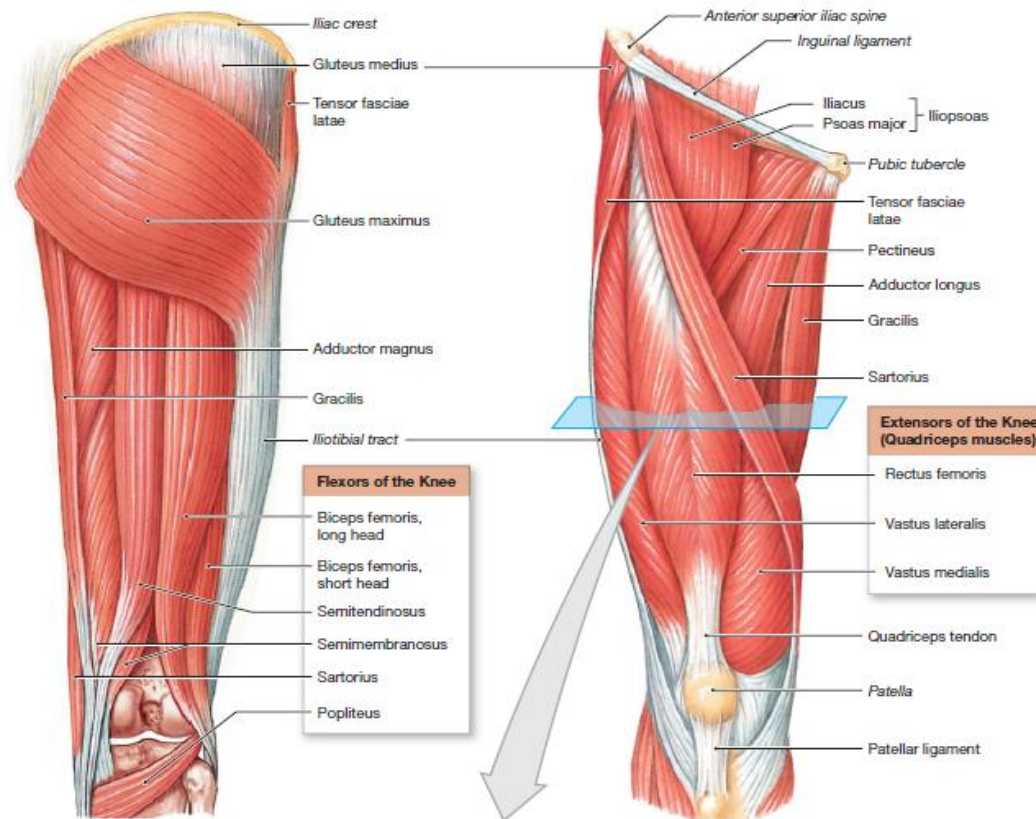
1. Membantu proses rehabilitasi pasien dengan kelumpuhan anggota gerak.
2. Memudahkan pasien melakukan rehabilitasi dalam kehidupan sehari-hari.

The background of the slide is a solid blue color with a complex geometric pattern of overlapping triangles in various shades of blue, creating a textured, low-poly effect.

DASAR TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

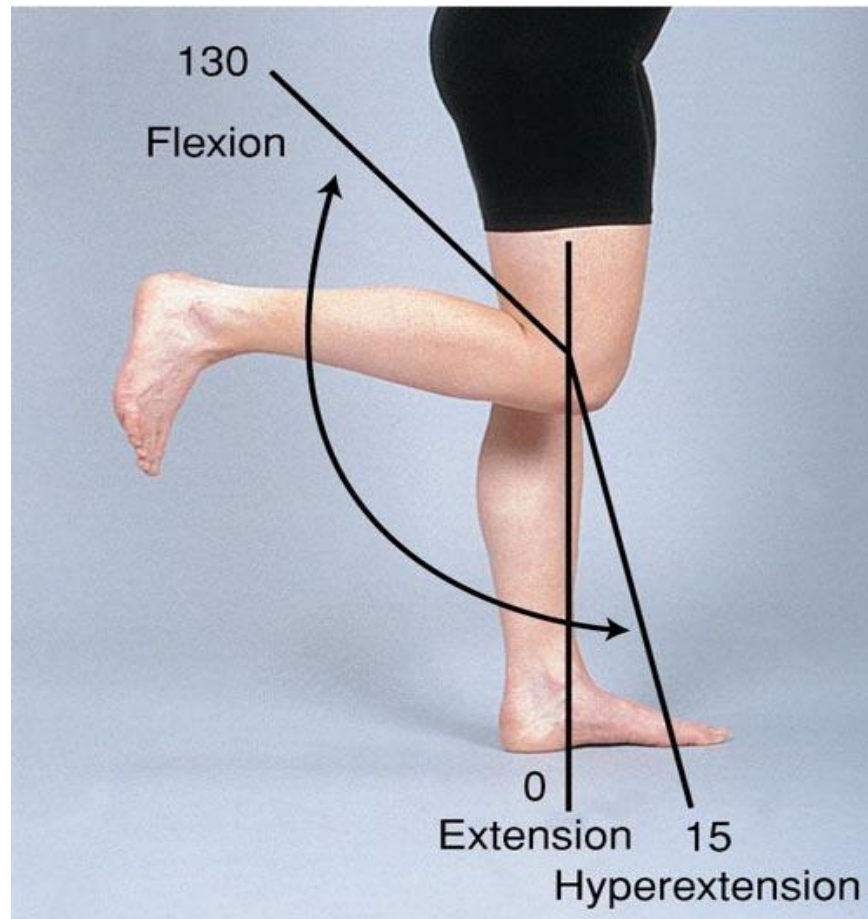
LOWER LIMB MOVEMENT (1)

- Bersifat *cyclic* (berulang dengan siklus tertentu).
- Digerakkan oleh otot fleksor dan ekstensor.



(Martini, 2012)

LOWER LIMB MOVEMENT (2)



FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION

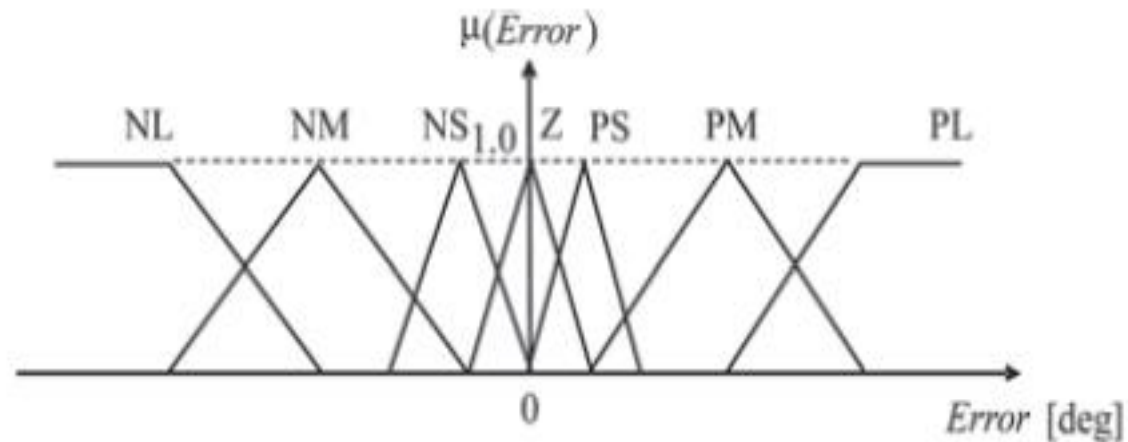
- Pemberian arus listrik pada neuron tertentu untuk menghasilkan kontraksi otot.
- Mengurangi kekakuan otot, meningkatkan fungsi bagian tubuh yang distimulasi.
- Komponen sistem FES *closed-loop*
 1. Stimulator

Fungsi: menghasilkan serangkaian pulsa pendek yang disalurkan melalui elektroda.
 2. Sensor

Fungsi: memberikan informasi umpan balik.

FUZZY LOGIC CONTROLLER

- Pendekatan linguistik, tidak bernilai biner.
- Tidak terikat pada model matematika.
- Sesuai untuk sistem yang bersifat nonlinier .



(Miura dkk, 2011)

METODE *CYCLE-TO-CYCLE*

- Mengatur durasi *stimulation burst* pulsa stimulasi suatu siklus berdasarkan hasil siklus sebelumnya.
- Lebar pulsa, amplitudo, dan frekuensi stimulasi bernilai tetap → menghasilkan gaya otot yang stabil.
- Sudut sendi target dicapai dengan mengatur durasi *stimulation burst*.
- Durasi *burst*:

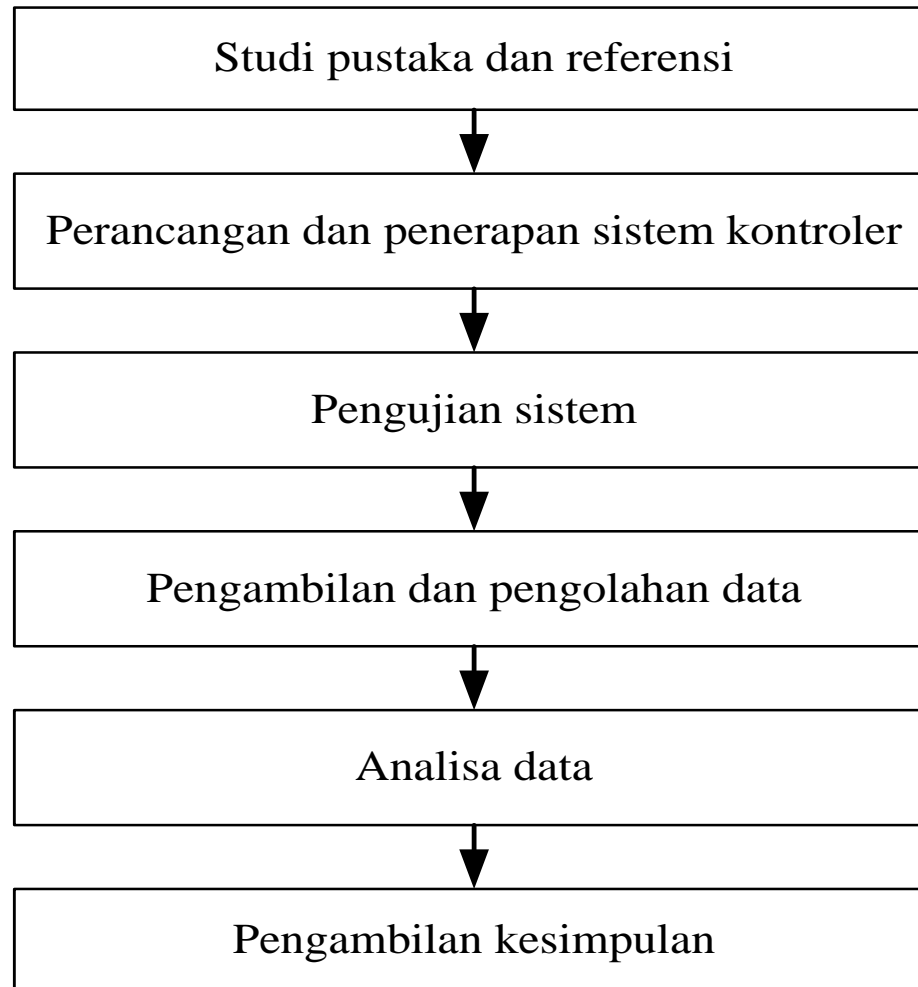
$$TB[n] = TB[n - 1] + \Delta TB[n]$$

$TB[n-1]$ = besar durasi *burst* pada siklus sebelumnya

$\Delta TB[n]$ = nilai yang dihasilkan oleh kontroler

METODE PENELITIAN

TAHAP PENELITIAN



PERANCANGAN SISTEM

Sistem FES *Wearable*

Prototipe

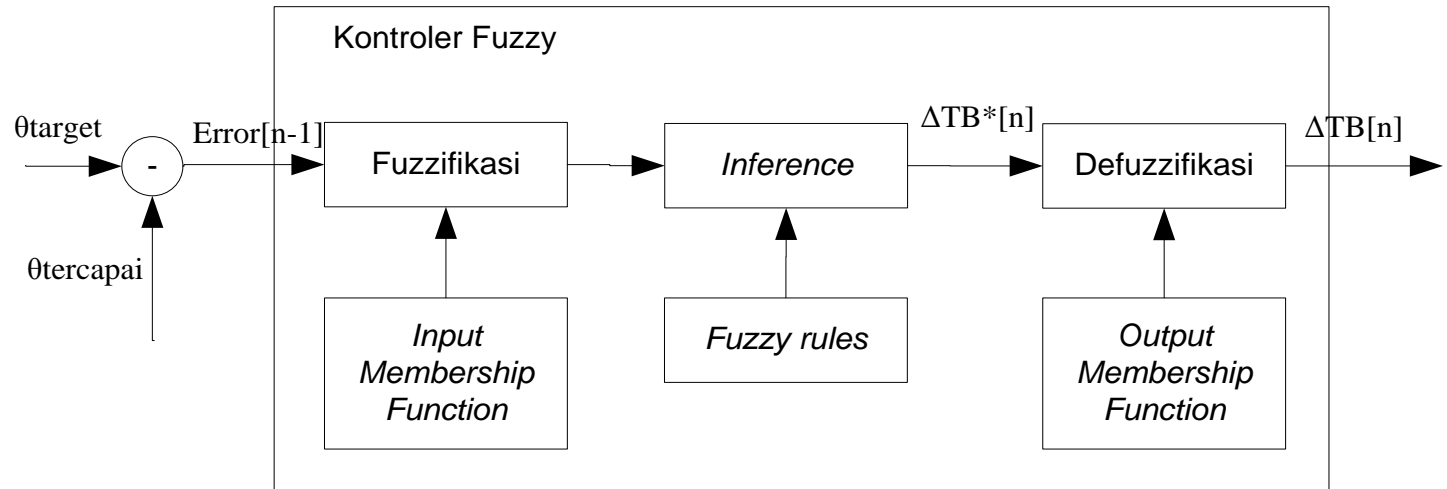
Perangkat
Wearable

PERANCANGAN PROTOTIPE KONTROLER FUZZY (1)

- Penerapan kontroler Fuzzy pada *embedded system*.
- Menguji struktur dan efektivitas kontroler.
- STM32F429.
- Kontroler *Single Input Single Output* (SISO).
- Masukan: error.

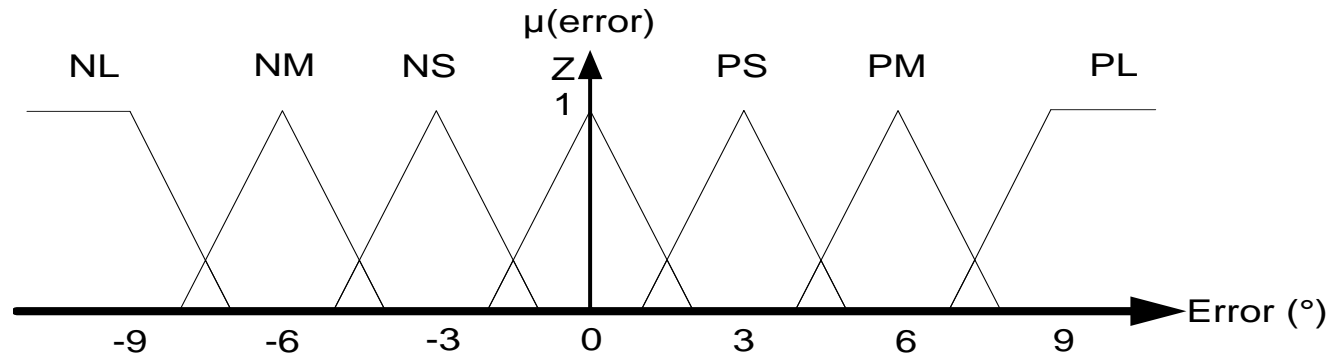
$$Error = \theta_{target} - \theta_{max}$$

PERANCANGAN PROTOTIPE KONTROLER FUZZY (2)

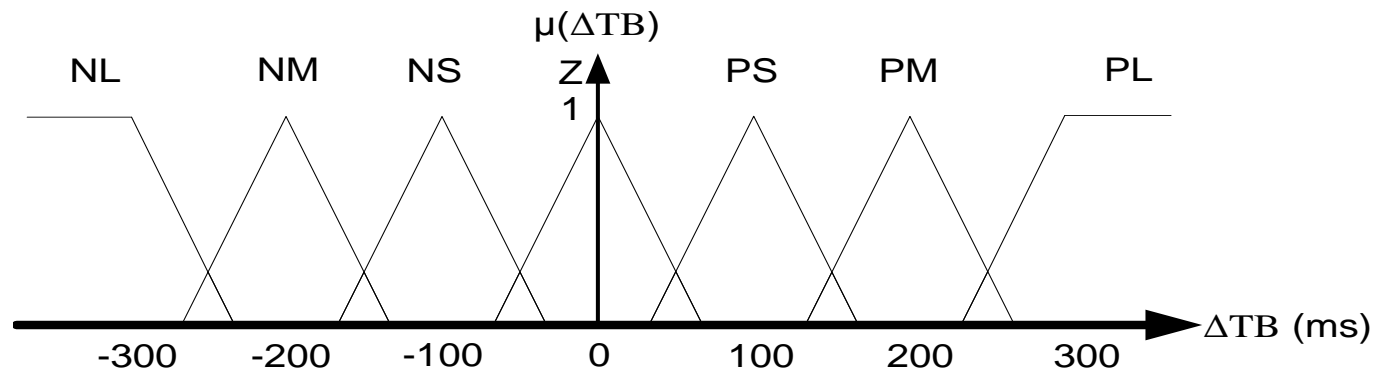


FUZZY SET

Input Membership Function

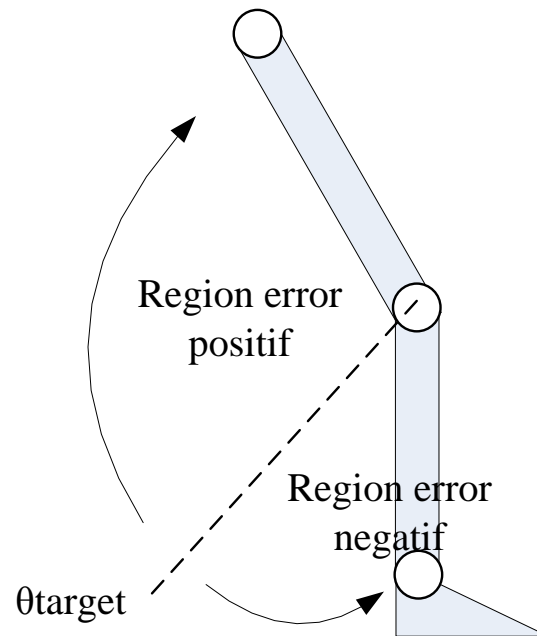


Output Membership Function



FUZZY RULES SET

error	NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
ΔTB	PL	PM	PS	Z	NS	NM	NL

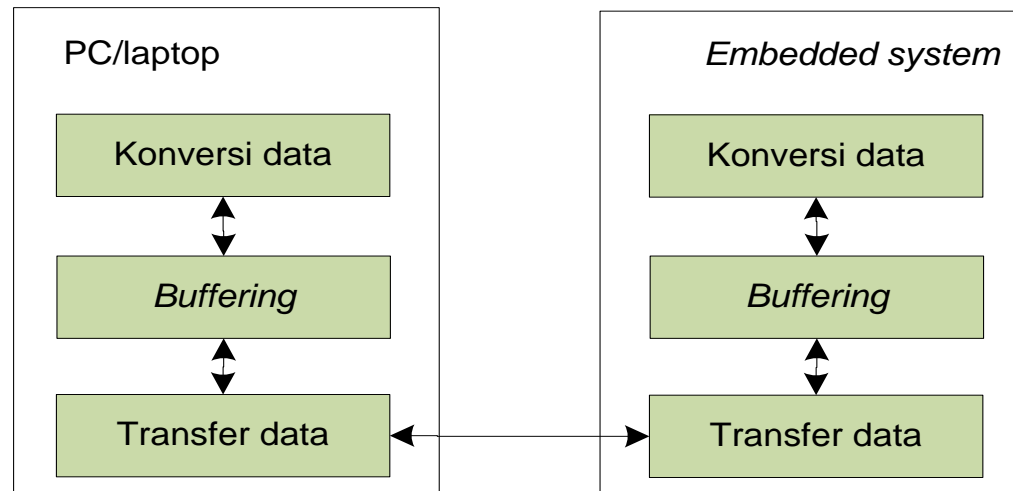


PERANCANGAN PROTOKOL DATA

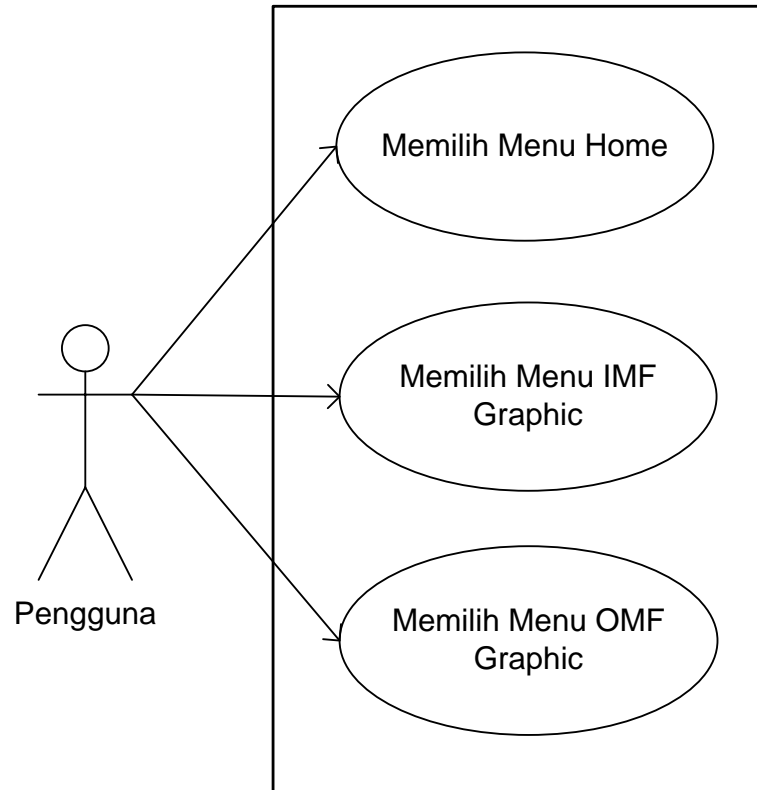
Paket Data



Diagram blok transfer data



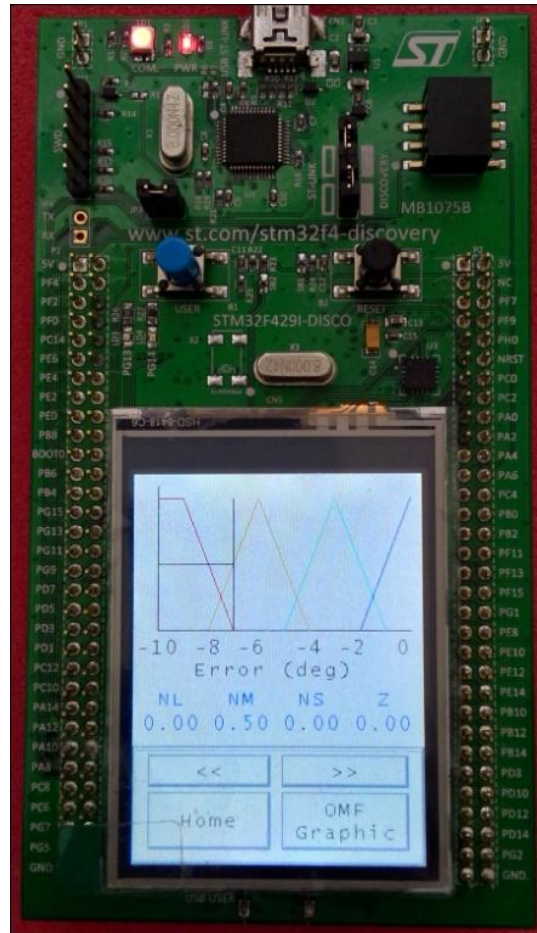
PERANCANGAN ANTARMUKA LCD TFT



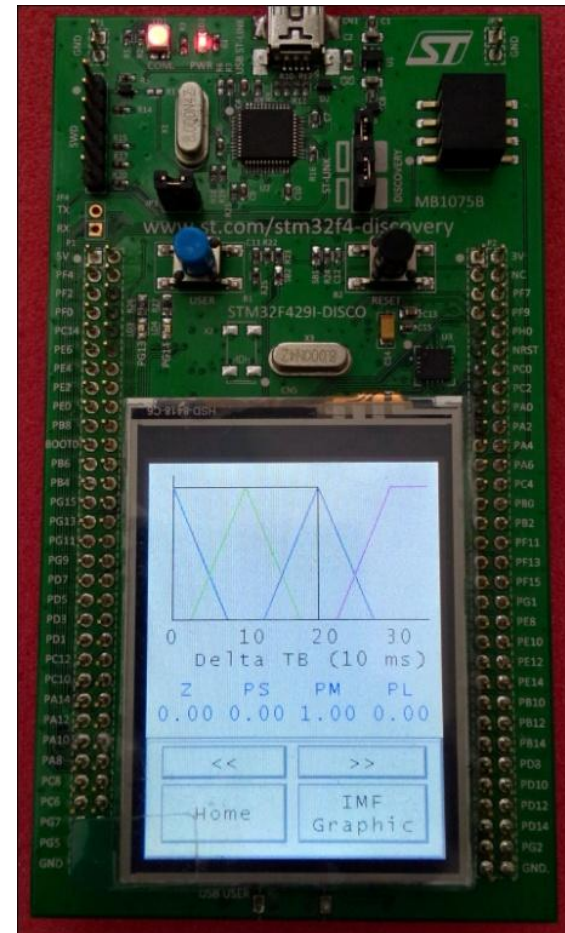
TAMPILAN ANTARMUKA LCD TFT (1)



TAMPILAN ANTARMUKA LCD TFT (2)

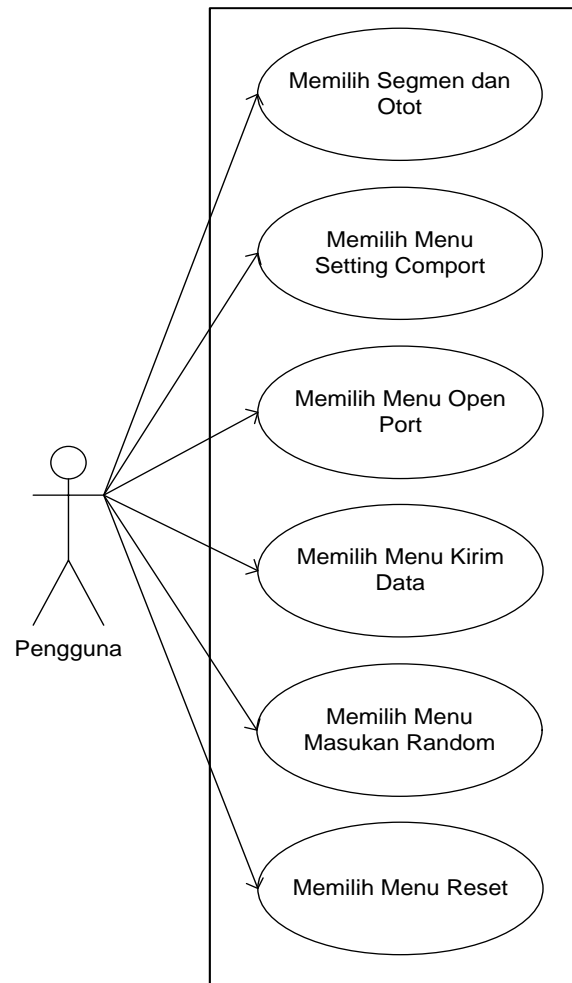


Grafik IMF

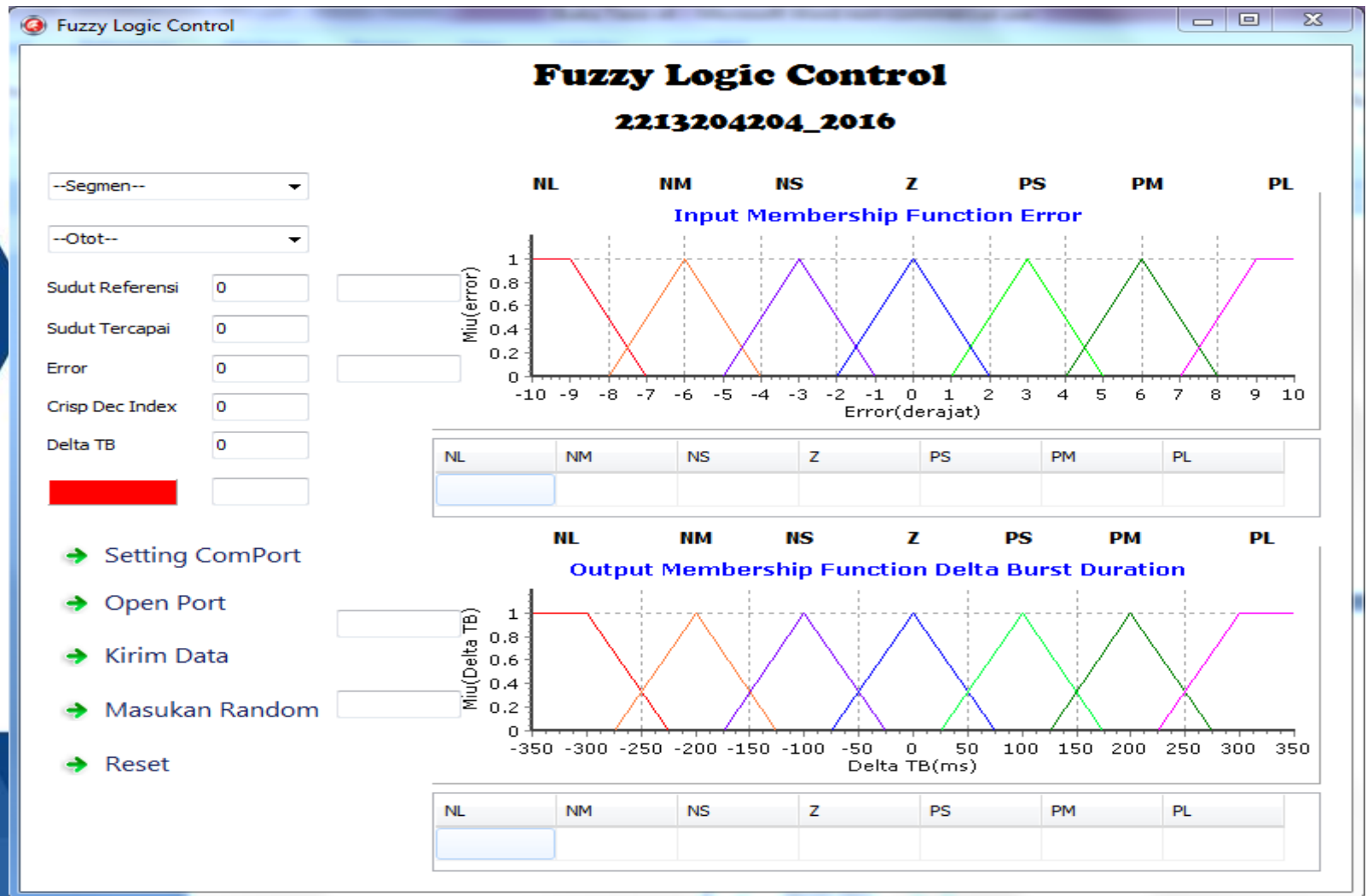


Grafik OMF

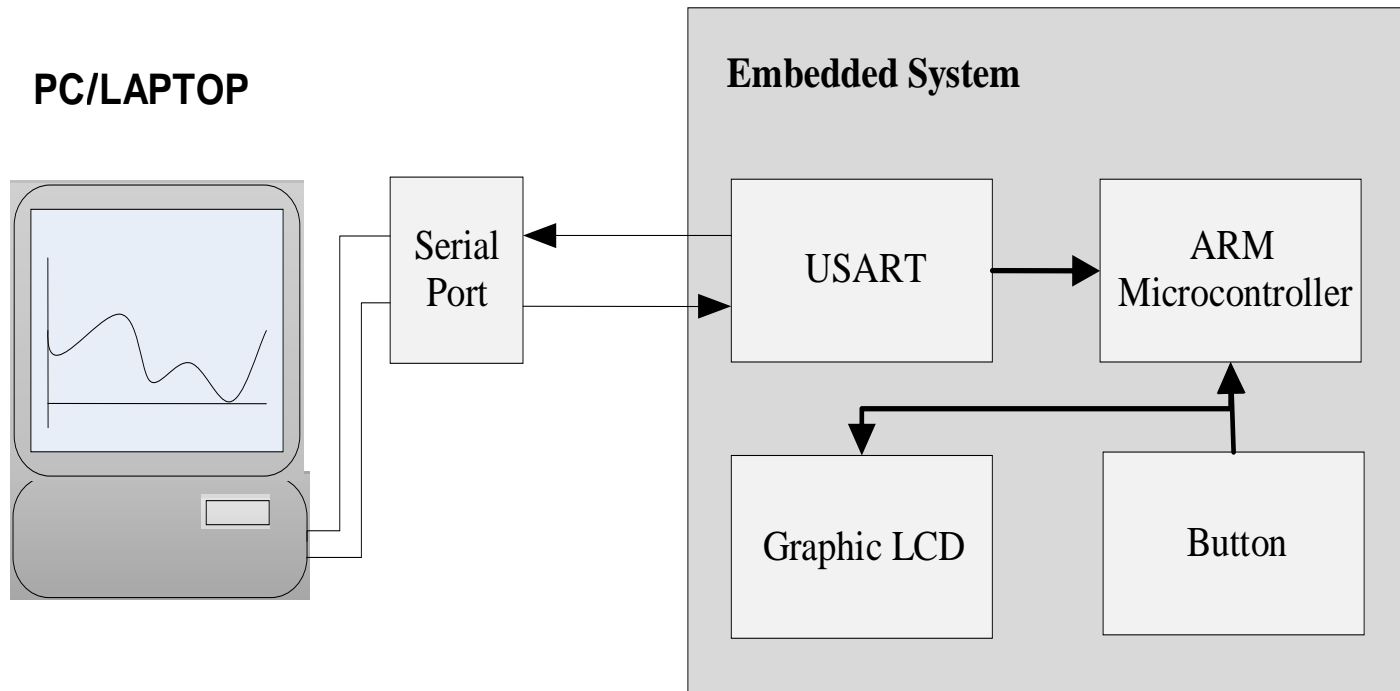
PERANCANGAN ANTARMUKA PC/LAPTOP



TAMPILAN ANTARMUKA PC/LAPTOP



IMPLEMENTASI PADA *EMBEDDED SYSTEM*



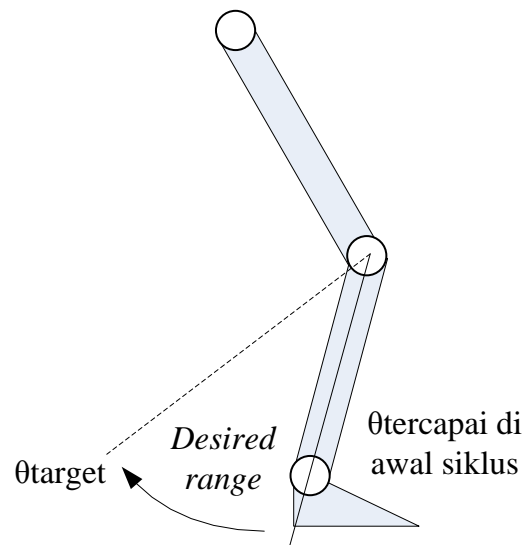
PENGUJIAN PERFORMANSI PROTOTIPE KONTROLER

- Tujuan: prediksi alokasi memori, ketepatan rancangan, waktu pemrosesan.
- Memori: 8208 byte/256 KB RAM dan 177188 byte/2 MB memori *flash*.
- Waktu pemrosesan: enam siklus.

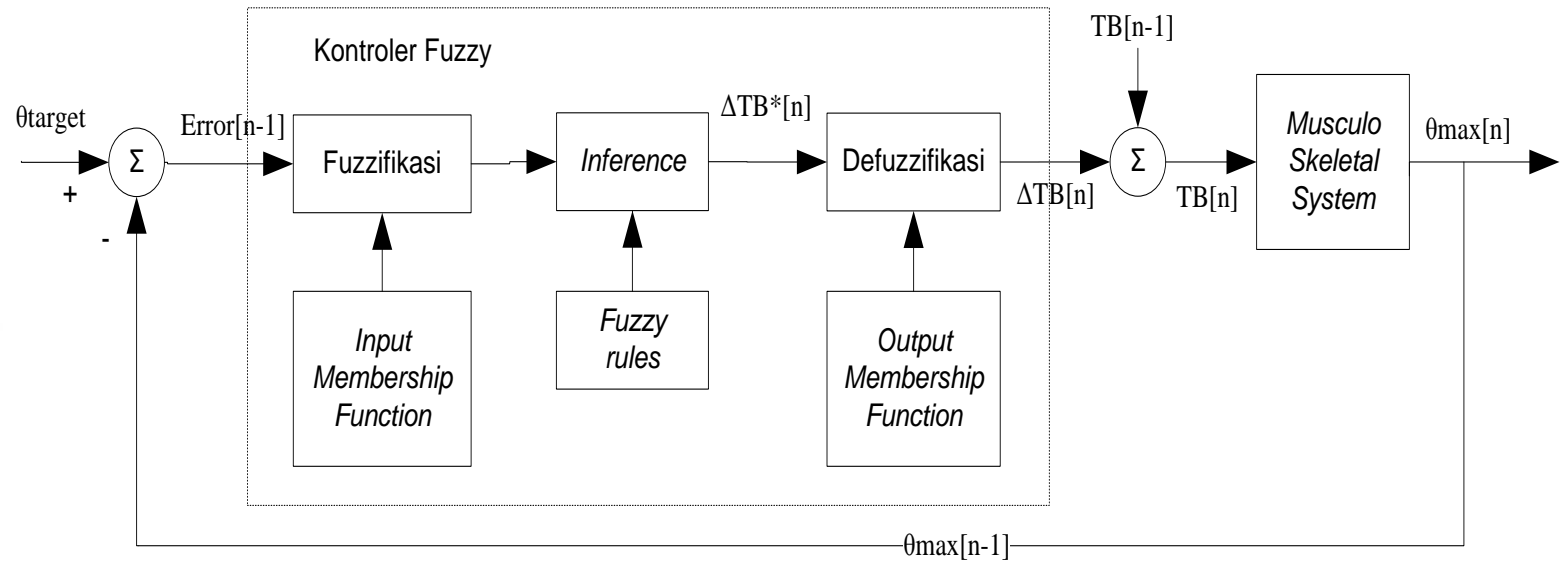
Kondisi	Waktu Pemrosesan Rata-rata (μ s)
Rutin FLC	218
Rutin FLC dan transfer data	244

PERANCANGAN SISTEM KONTROLER FES *WEARABLE*

- Kontroler Fuzzy:
 1. *Single Input Single Output* (SISO),
 2. *Multi Input Single Output* (MISO).
- Kontroler MISO
Masukan: error dan *desired range*.



STRUKTUR KONTROLLER FUZZY



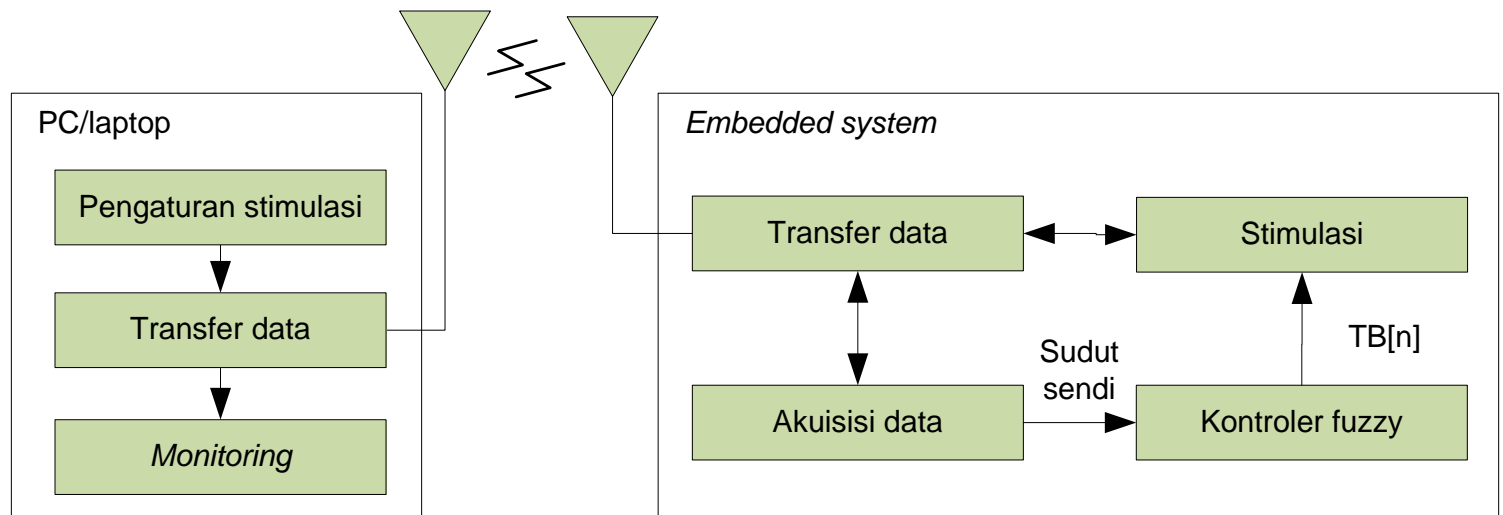
SUDUT ACUAN

Gerakan	Sudut Referensi	<i>Range of Motion</i>	<i>Range of Error</i>	<i>Desired Range</i>
Pinggang				
Fleksi maks	32.4°	0° s.d. 130°	32.4° s.d. -97.6°	-
Ekstensi maks	-11.9°	0° s.d. -30°	-11.9° s.d. 18.1°	-
Lutut				
Ekstensi maks	15°	0° s.d. 150°	69° s.d. -81°	-15° s.d. 135°
Fleksi maks	69°	0° s.d. 15°	3.6° s.d. -11.4°	-
Engkel				
Dorsifleksi maks	4.9°	0° s.d. -50°	-16.4° s.d. 34.6°	-15.1° s.d. 4.9°
Plantarfleksi maks	-16.4°	0° s.d. 20°	4.9° s.d. -15.1°	-

FUZZY RULES SET

		Error						
		NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
Desired Range	NL	PL	PM	PS	Z	NS	NM	NL
	NM	PL	PM	PS	Z	NS	NM	NL
	NS	PL	PM	PS	Z	NS	NM	NL
	Z	PL	PM	PS	Z	NS	NM	NL
	PS	PL	PM	PS	Z	NS	NM	NL
	PM	PL	PM	PS	Z	NS	NM	NL
	PL	PL	PM	PS	Z	NS	NM	NL

IMPLEMENTASI PERANGKAT



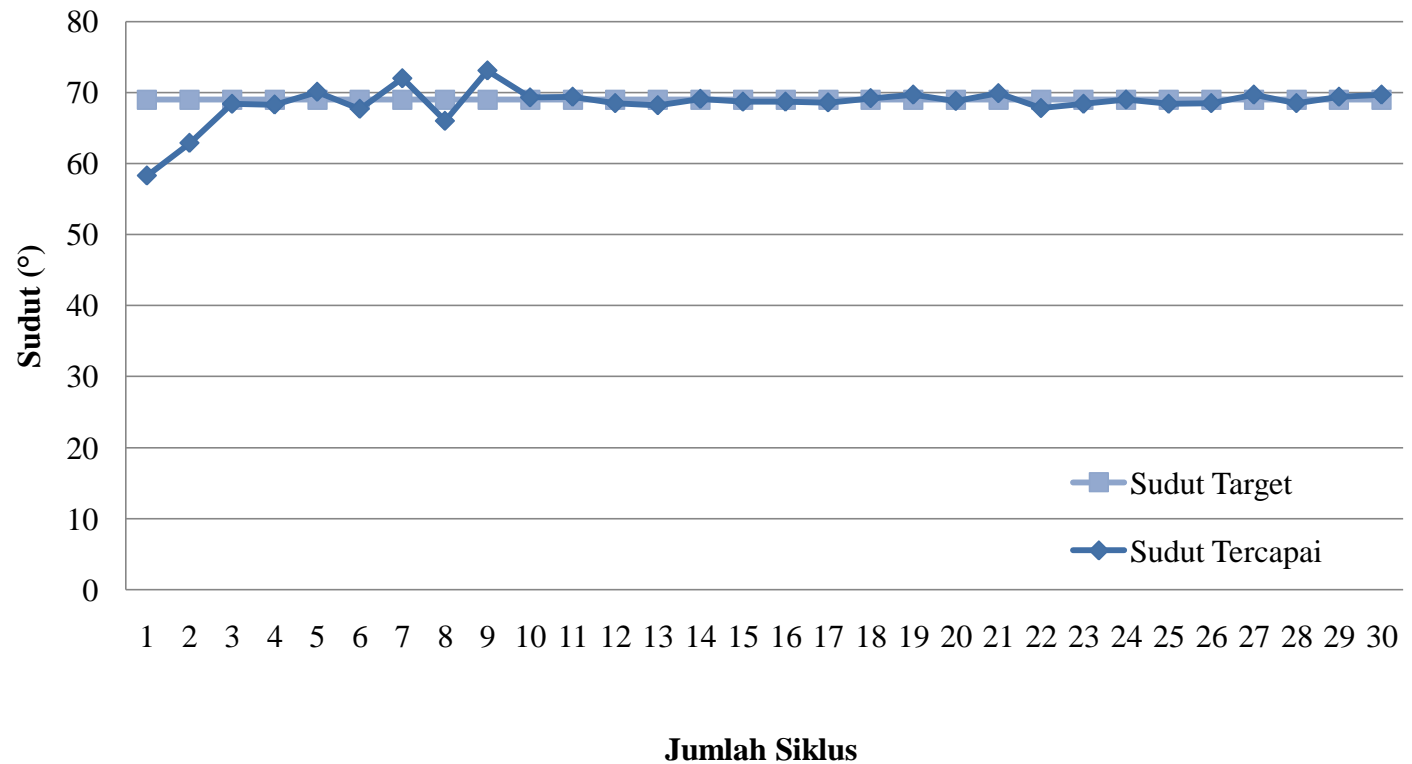
The background of the slide is a solid blue color with a complex geometric pattern of overlapping triangles in various shades of blue, creating a textured, low-poly effect.

PENGUJIAN DAN EVALUASI PERFORMANSI

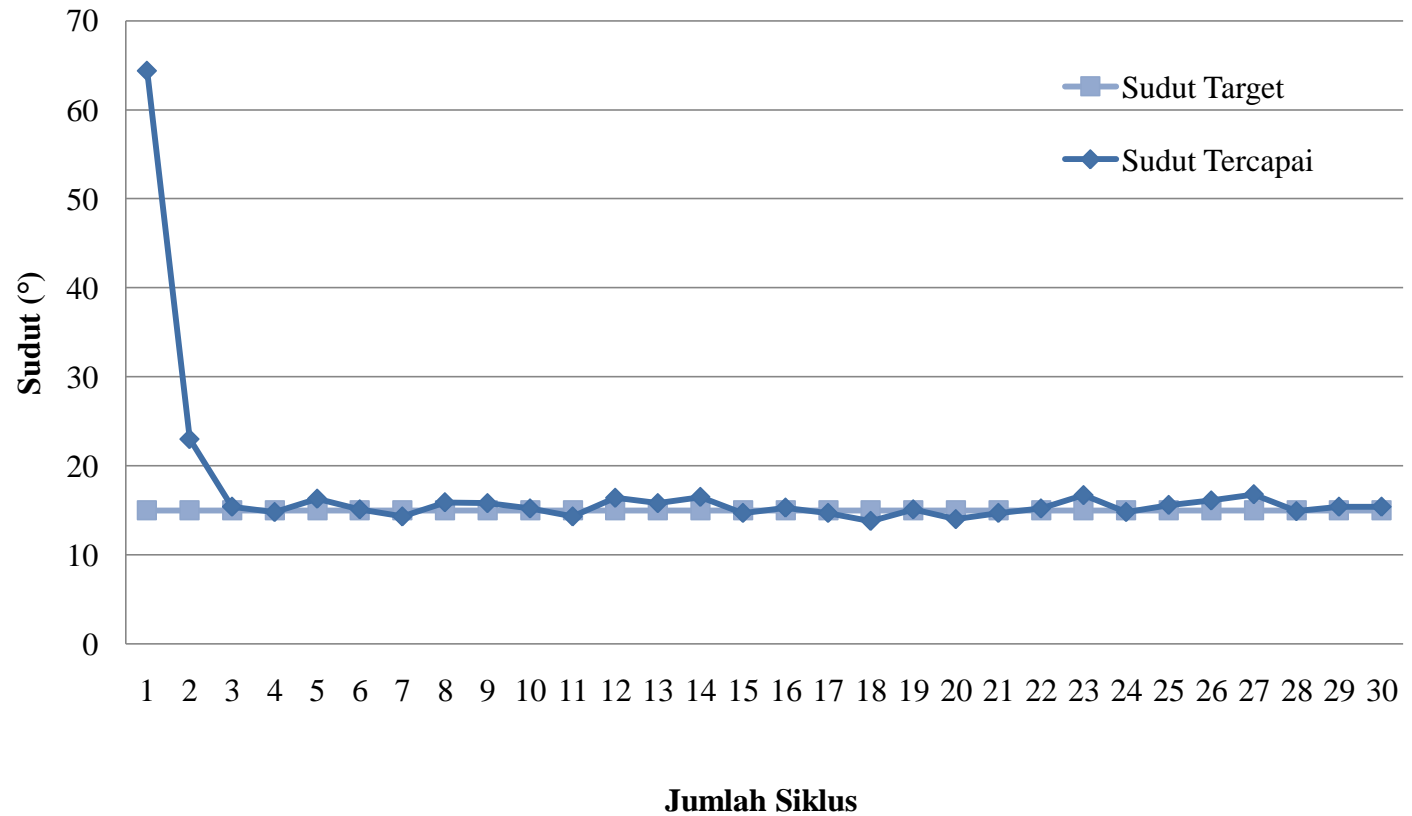
PENGUJIAN GERAKAN SENDI LUTUT



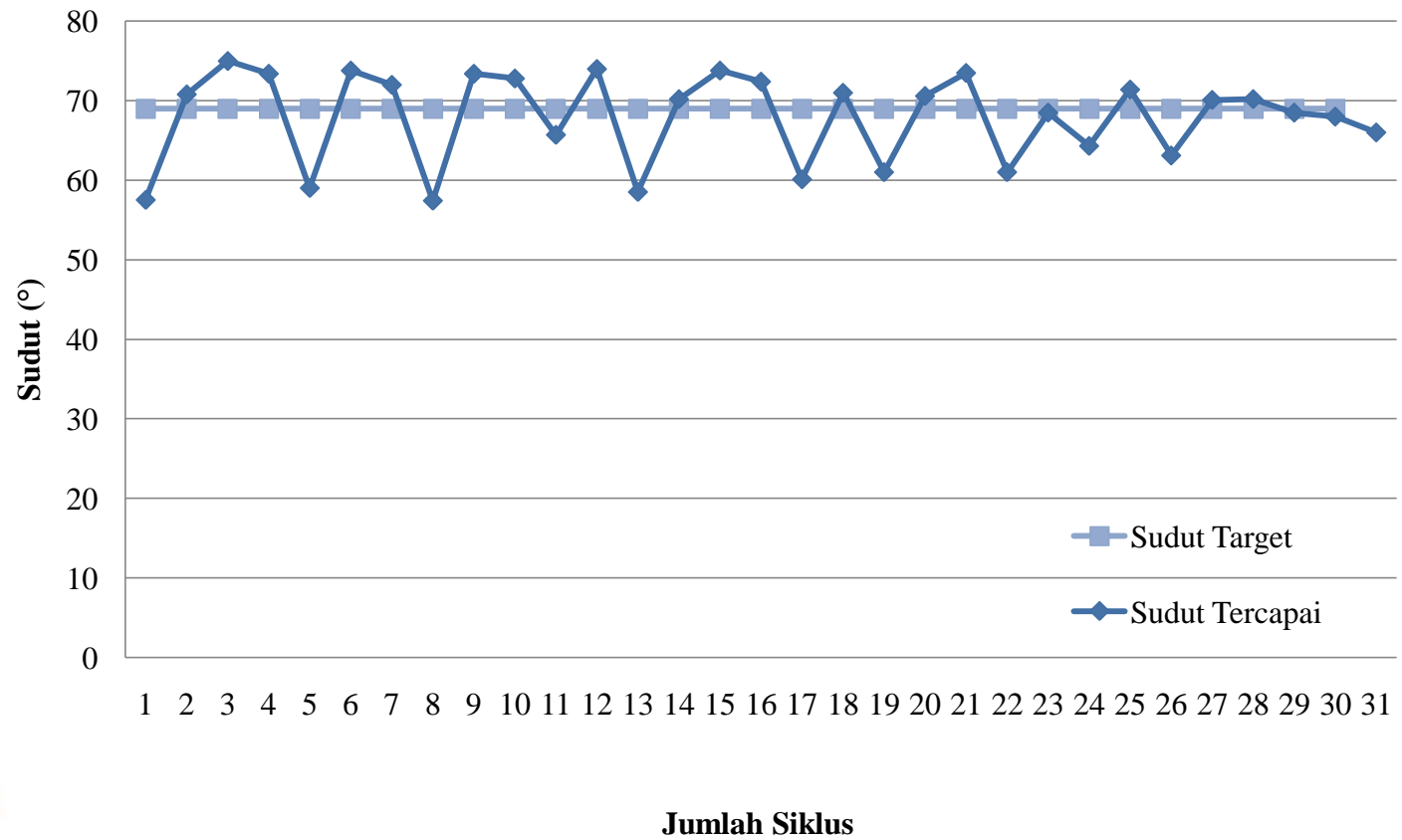
PENGUJIAN GERAKAN FLEKSI LUTUT MAKSIMUM



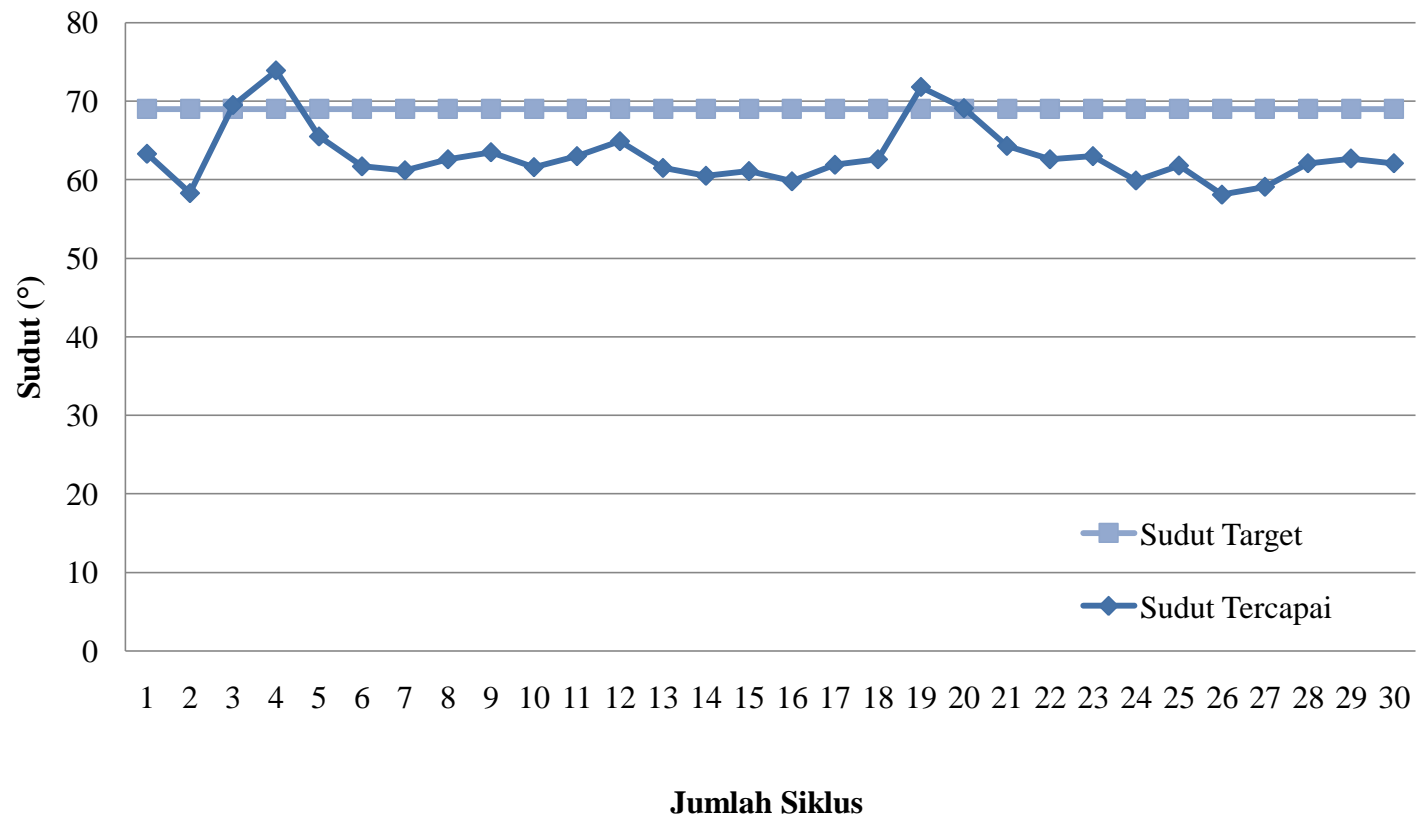
PENGUJIAN GERAKAN EKSTENSI LUTUT MAKSIMUM



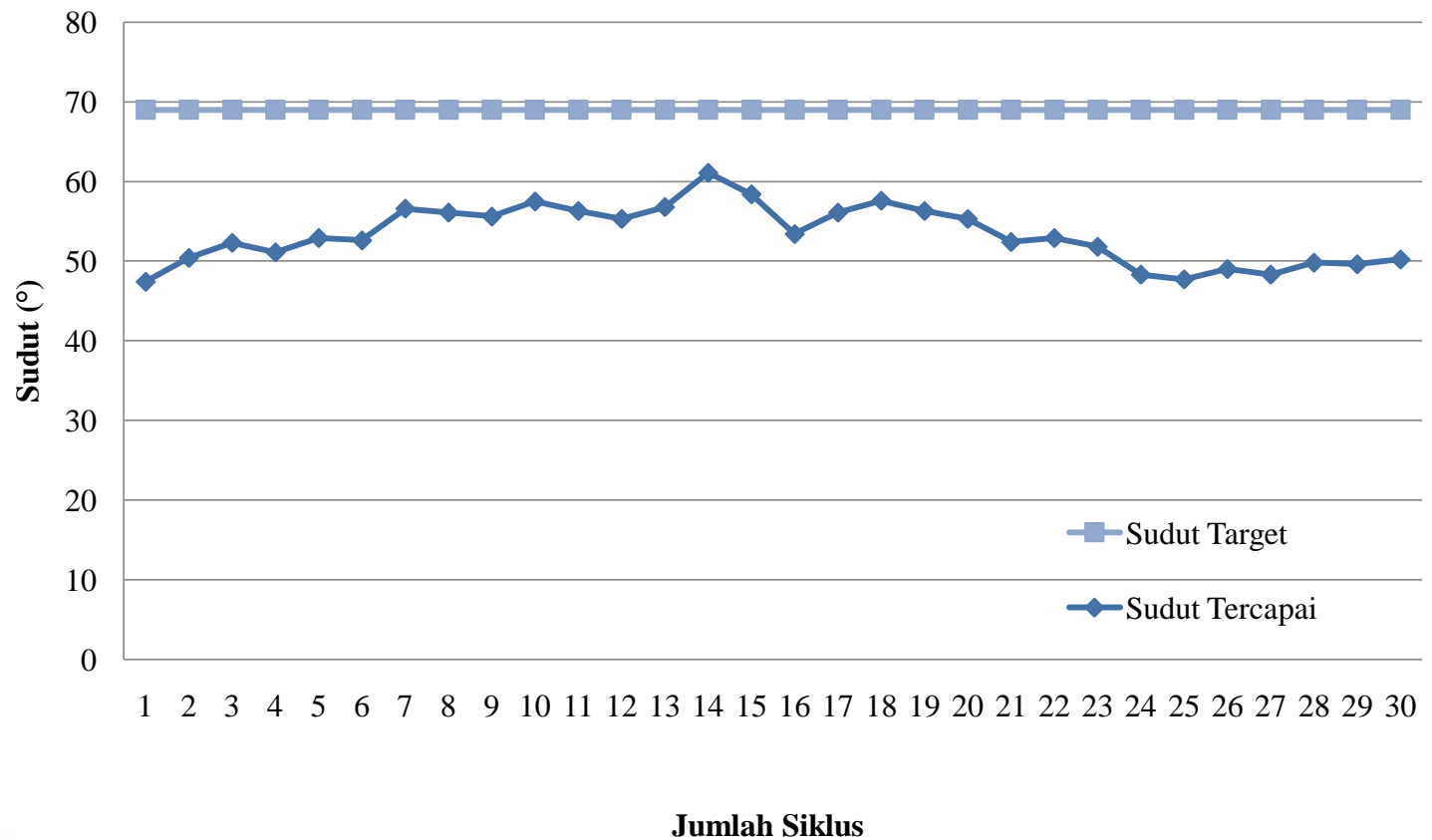
OSILASI



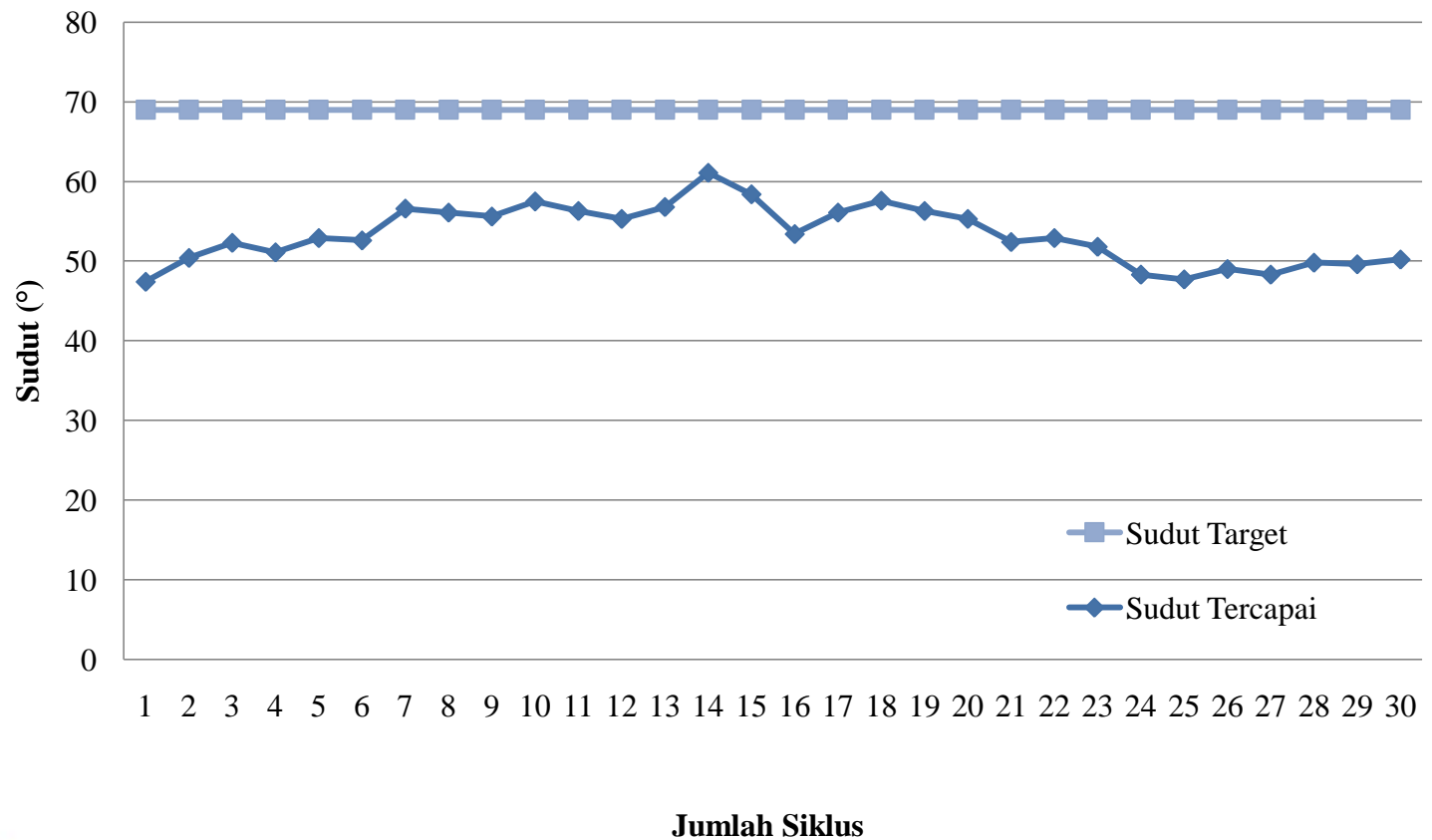
MUSCLE FATIGUE



TIDAK TERCAPAI



TIDAK TERCAPAI



KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

1. *Knee flexion:*

- *SI : 3-5 siklus.*
- *RMSE < 5°*

2. *Knee extension:*

- *SI : 2-10 siklus.*
- *RMSE < 7°*

SARAN

1. Menambahkan fitur perubahan parameter Fuzzy.
2. Menggunakan masukan EMG.
3. Penggunaan dan pengumpulan data dari subyek dengan gangguan fungsi gerak.